

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕРЕОКОСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНЕЙКИ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИИ**

**<sup>1</sup>Баранов О.А., <sup>1</sup>Саган А.В., <sup>1</sup>Калмыков Ал.А., <sup>1</sup>Калмыков Ан.А., <sup>2</sup>Буланов Л.В.**

<sup>1</sup> ФГАОУ ВПО «Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия (Россия, г.Екатеринбург, ул.Мира, 32), e-mail: kaa@iidt.ru

<sup>2</sup> ПАО «Уралмашзавод», Екатеринбург, Россия (620012, Россия, г. Екатеринбург, Пл. Первой Пятилетки), e-mail: Bulanov\_Leonid@mail.ru

**Аннотация:** Настоящая статья посвящена обзору стереоскопической системы измерения раствора валков на машине непрерывного литья заготовок. Рассмотрены основные факторы влияющие на качество выпускаемой продукции и актуальные устройства для её контроля. Описан состав и устройство данной системы. Освещены основные принципы алгоритма измерения, который использует систему технического зрения в виде пары камер. Показаны основные технические характеристики и преимущества разрабатываемой системы.

**Ключевые слова:** система технического зрения, раствор валков, оптическая линейка, преобразование Хафа, стереоскопическая система.

## **USE STEREOSCOPIC SYSTEMS FOR PROCESS FOR EXAMPLE OPTICAL RULE FOR METALLURGY**

**<sup>1</sup>Baranov O.A., <sup>1</sup>Sagan A.V., <sup>1</sup>Kalmykov Al.A., <sup>1</sup>Kalmykov An.A., <sup>2</sup>Bulanov L.V.**

<sup>1</sup> The Ural Federal University named after the first President of Russian B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (Russia, Yekaterinburg, street Mira, 32), e-mail: kaa@iidt.ru

<sup>2</sup> «Uralmash», Yekaterinburg, Russia (620012, Russia, Yekaterinburg, street Pl. Pervoj Pjatiletki), e-mail: Bulanov\_Leonid@mail.ru

**Abstract:** This article reviews the stereoscopic measurement system solution on rolls continuous casting machine. The main factors affecting the quality of products and relevant devices for its control. Discloses a device and the system. When covering the main principles of the measurement algorithm, which uses a vision system as a pair of cameras. The basic technical characteristics and advantages of the system under development.

**Keywords:** vision system, the roll gap, the optical line, Hough transform, stereoscopic system.

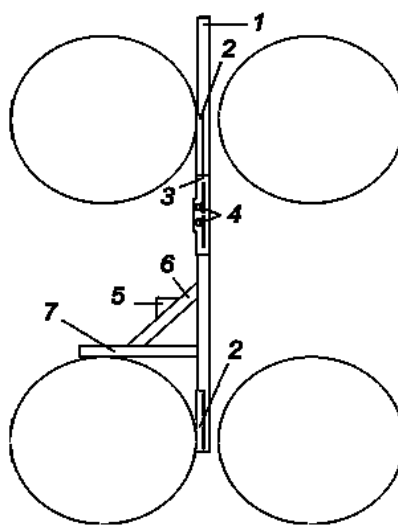
### **Введение.**

Важнейшим параметром, влияющим на качество непрерывно литых заготовок, является раствор роликов. Существуют измерительные затравки, которые каждую серию плавок контролируют раствор роликов.

Несмотря на наличие указанных систем, актуальными являются ручные приборы для оперативных измерений растворов роликов, которые выполняются на участках подготовки роликовых сегментов при стендовой настройке роликового полотна сегментов, контроле и настройке отдельных роликовых сегментов, расположенных в МНЛЗ [5]. Из них простейшим и распространенным является микрометрический штихмас или чуть более сложный прибор «Gap Tool». Они пригодны для контроля растворов на участках подготовки оборудования, но совершенно не пригодны для контроля растворов роликов в МНЛЗ. Применяемые для этих измерений непосредственно в МНЛЗ приборы работают по принципу стрелочного или электронного штангенциркуля. Одним из таких приборов является измеритель расстояния междуроликами МНЛЗ – ИРР-250/2 с электронной индикацией производства Украинской фирмы НПФ «АСНТ». Обычно такие устройства имеют большие габариты и вес, а также большим недостатком на современном уровне является отсутствие в их составе системы автоматизированного сбора и анализа данных. ООО «Институт информационных датчиков и технологий» (г. Екатеринбург) в содружестве с ОАО «Уралмашзавод» разработал новую систему измерения растворов роликов МНЛЗ ОИРР-150/380, которая предназначена для оперативных измерений и выгодно отличается от существующих аналогов весом, габаритами и наличием системы автоматизированного сбора и анализа данных.

### Состав системы.

Система состоит из блока датчиков «Оптическая линейка» и промышленного защищенного планшетного компьютера. В качестве промышленного защищенного планшета используется защищенный планшет DESTEN Cyberbook T850. Схематически блок датчиков «Оптическая линейка» и его положение на роликах во время измерений изображено на рисунке 1.



1 – штанга; 2 – магнит; 3 – модуль крепления камер; 4 – камеры; 5 – модуль диодной подсветки; 6 – ребро жесткости; 7 – губка неподвижная.

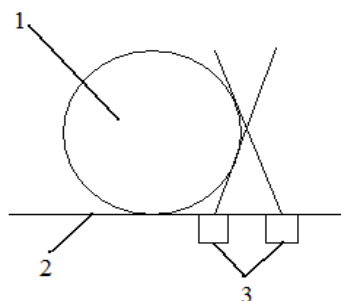
Рисунок 1.

«Оптическая линейка» устанавливается через зазор сверху между группами роликов и фиксируется на них за счет магнитов. При измерении возможно отклонение положения линейки от вертикали на угол, не превышающий критический и не влияющий на точность измерений. Зеленый цвет заставки «ИЗМЕРИТЬ» в интерфейсе программы измерений сигнализирует о правильной установке линейки на роликах и готовности прибора к очередному измерению (в противном случае цвет красный). Пара камер направлена на видимую границу верхнего валка. Планшетный компьютер и блок датчиков «Оптическая линейка» соединены между собой USB кабелем. Питание всей системы осуществляется от аккумулятора планшета.

### Основные принципы измерения.

Поскольку для определения расстояния между роликами используется система технического зрения, то прежде всего при расчете раствора роликов нам необходимы некоторые априорные данные о цифровой камере и измерительной линейке, такие как фокусное расстояние камер, параметры матрицы (размер пикселя и размер матрицы), расстояние между камерами, некоторые геометрические размеры самой линейки.

Для определения расстояния между роликами была разработана следующая методика. Было принято допущение, что ролики имеют форму цилиндров, в основании которых лежит окружность. Исходя из знания о том, что три пересекающихся в разных точках прямых могут касаться только двух окружностей не лежащих внутри треугольника образованного прямыми, можно по углам между прямыми и положению одной из них определить параметры касающихся окружностей (См. рис.2).



1 – ролик; 2- плоскость датчика; 3- камеры;

Рисунок 2.

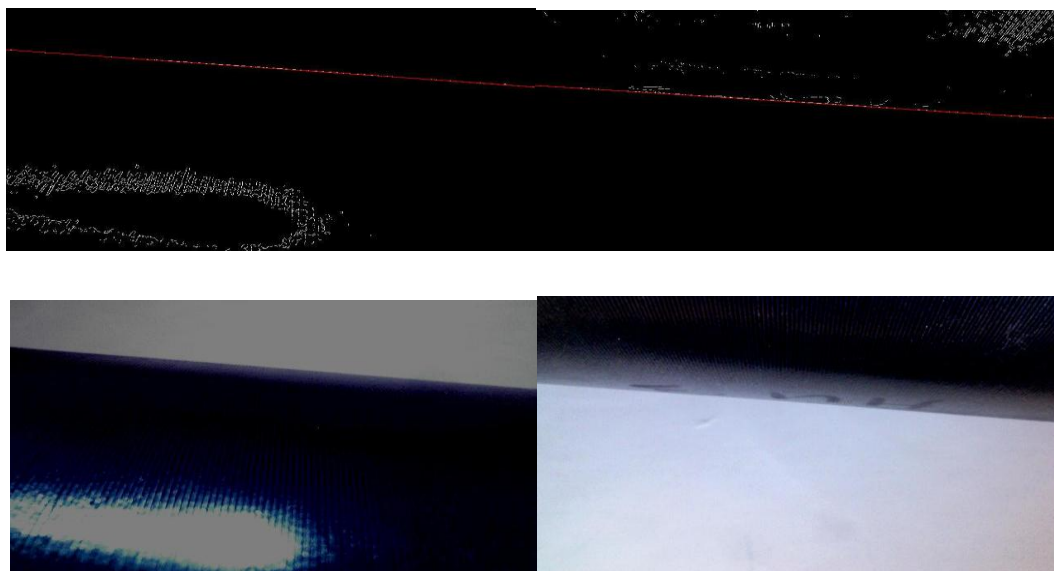
В роли окружности выступает сечение ролика, в роли прямых – прямые, соединяющие центры фокуса камер с точкой касания границы ролика, с точки зрения камер, и прямая соединяющая точки касания обоих роликов с прямой совпадающей с плоскостью датчиков. Поэтому очень важным является точное определение видимой границы ролика для каждой камеры. Опишем основные этапы обработки изображений для определения уравнения видимой границы роликов:

1. На первом этапе обработки изображения производится приведение в *полутонный вид* и *контрастирование изображения* для усиления динамического диапазона изображения [1].

2. На втором этапе определяются все контуры на изображении с помощью алгоритма определения контуров *Canny* [2,3].

3. На третьем этапе используется *алгоритм Хафа*, который позволяет найти среди всех контуров объекты определенной формы, в данном случае, прямые линии [4].

Таким образом, путем приведения изображения в полутоновый вид, контрастирования, выделения контуров и применения алгоритма Хафа, мы получаем возможность точно определить видимую границу ролика. Результат действий алгоритмов представлен на рисунке 3.



**Рисунок 3.**

Указанные в алгоритмы обработки изображений позволяют точно выделить видимую границу валка, что, в свою очередь, очень важно для точного вычисления раствора, так как дальнейшие математические расчеты главным образом базируются на уравнении видимой границы ролика.

### **Интерфейс программы измерений.**

Интерфейс программы измерений, показанный на рисунке 4, предоставляет пользователю управление основными функциями ПО.



**Рисунок 4.**

К основным функциям ПО относятся:

- Измерение зазора раствора роликов и диаметра нижнего ролика.
- Сохранение полученных данных в Базу данных с указанием номера машины, номера «ручья», номера сегмента и номера пар-роликов.
- Получение справки о программе, а также документации.
- Сохранение данных в место по выбору пользователя.
- Отображение даты, времени, заряда батареи, а также времени расчета.
- Сигнализация о правильной установке измерительной линейки на пару роликов и готовности к следующему измерению.
- Отображение текущих кадров камер.
- Очистка базы данных.

### **Технические характеристики.**

Основные технические характеристики:

1. Диапазон измеряемых зазоров, мм: 200-320.
2. Диапазон измеряемых диаметров роликов, мм: 150-380.
3. Точность измерения зазора, диаметра роликов, мм: 0,1.
4. Время измерения (с учетом установки), сек: 5.
5. Время автономной работы от аккумулятора, час: 5.
6. Габариты блока датчиков «Оптическая линейка», мм: 205x1024x97.

7. Габариты защищенного планшетного компьютера, мм: 285х215х42.
8. Масса измерительной линейки, кг: 0,5.
9. Масса защищенного планшетного компьютера, кг: 2,3.
10. Рабочая температура, град. Цельсия: до 60.
11. Относительная влажность, %: до 95.
12. Для защищенного планшета: 26 падений с высоты 76см. на фанеру, наклеенную на бетон.

#### **Заключение.**

В заключении приведем основные выявленные достоинства прибора. Это возможность оперативно измерять растворы роликов на собранной МНЛЗ, автоматическое создание баз данных измерений с нумерацией номера машины, ручья, сегмента и пар-роликов, высокая точность, обеспечиваемая системой технического зрения последнего поколения. Высокая скорость измерений, легкость установки на валки за счет магнитов и визуального контроля установки, простота использования и автоматизация процесса измерения благодаря промышленному защищенному планшетному компьютеру с сенсорной панелью и программному обеспечению с дружественным интерфейсом.

Прибор прошел опробование при измерении растворов роликов на участках подготовки сменного оборудования и непосредственно в МНЛЗ в ККЦ ПАО ММК и ПАО «Северсталь», подтвердив заявленные технические характеристики.

#### **Список литературы**

1. Грузман И. С., Киричук В. С., Косых В. П., Перетягин Г. И. и др. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие / Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. 168 с.
2. Билл Грин. Алгоритм выделения контуров Canny. — Дрексельская лаборатория автоматизированных систем. [Электронный ресурс]. — Электрон. Дан. — Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/fknt/chudovskaja/library/article4.htm>
3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. — 312 с.
4. Баяковский Ю. М. Курс лекций по компьютерной графике. ВМиК МГУ, 2004.
5. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. — Электрон. Дан. — Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Машина\\_непрерывного\\_литья\\_заготовок](http://ru.wikipedia.org/wiki/Машина_непрерывного_литья_заготовок)